

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-204030

(43)Date of publication of application : 19.07.2002

(51)Int.Cl.

H01S 5/22
G02F 1/025
H01L 21/308
H01S 5/026
H01S 5/12

(21)Application number : 2001-342655

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 31.01.1994

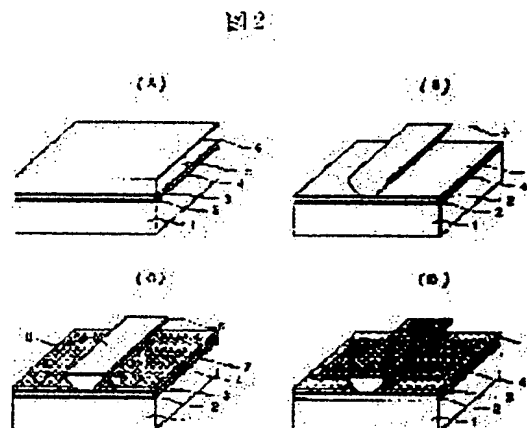
(72)Inventor : AOKI MASAHIRO
IDO TATSUMI
TSUTSUI TAKAYUKI

(54) WAVEGUIDE OPTICAL ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a structure and a manufacturing method of an indium phosphorus-based ridge loading type laser element as a semiconductor optical element easy to manufacture in a simple productive step and having low threshold, high output, and high speed operation.

SOLUTION: In the structure of optical waveguide and its manufacturing method, the sidewall of the indium phosphorus-based ridge loading type optical waveguide has an opposite mesa shape, so the elemental characteristics are greatly enhanced by increasing the electrode contact width and forming a luminescent region with a bottleneck shape. Not only the elemental characteristics and the productive yield are increased, but a larger capacity and a longer communication distance of the optical communication system are realized by using the optical element.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-204030

(P2002-204030A)

(43) 公開日 平成14年7月19日 (2002.7.19)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マコ-ト (参考)

H 0 1 S 5/22

H 0 1 S 5/22

2 H 0 7 9

G 0 2 F 1/025

G 0 2 F 1/025

5 F 0 4 3

H 0 1 L 21/308

H 0 1 L 21/308

C 5 F 0 7 3

H 0 1 S 5/026

H 0 1 S 5/026

6 1 6

5/12

5/12

審査請求 有

請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願2001-342655 (P2001-342655)

(62) 分割の表示

特願平6-9116の分割

(22) 出願日

平成6年1月31日 (1994.1.31)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 青木 雅博

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 井戸 立身

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 導波路型光素子

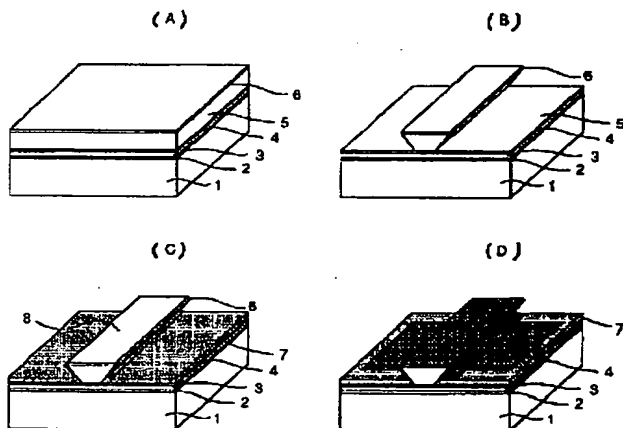
(57) 【要約】

【課題】 本発明は半導体光素子に関し、特に極めて簡易な作製法で実現可能な低しきい値で、高出力かつ高速動作を可能とするインジウム燐系リッジ装荷型レーザの素子構造及びその作製方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 インジウム燐系リッジ装荷型光導波路の側壁形状を逆メサ形状にすることにより、電極接触幅の拡大、発光領域の狭窄化を通じて素子特性を大きく向上する、光導波路構造およびその作製方法を開示する。

【効果】 本発明を用いれば、素子性能、歩留まりが飛躍的に向上するだけでなく、この素子を適用した光通信システムの大容量化、長距離化を容易に実現できる。

図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】インジウム燐基板上に形成されたリッジ装荷型光導波素子においてリッジの側壁が逆メサ形状を有することを特徴とする導波路型光素子。

【請求項 2】リッジ両側の側壁が (111) A 面であることを特徴とする請求項 1 記載の導波路型光素子。

【請求項 3】臭化水素酸水溶液または臭化水素酸と燐酸の混合水溶液を用いてリッジ形成を行なうことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の導波路型光素子。

【請求項 4】請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の導波路型光素子を基本導波構造としたインジウム燐系のレーザ、光増幅器、光変調器、光スイッチ、光検出器またはこれらのうち少なくとも二者を一体集積した集積化光導波素子。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は半導体光素子に係り、特に光通信用モジュール、光通信システム、光ネットワークに用いる好適な半導体光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】リッジ装荷型光導波素子は結晶成長が 1 回で済むため、埋込構造のレーザに比べ作製工程が非常に簡易である。これを用いたインジウム燐系のリッジ装荷型レーザでは良好な素子信頼性も報告されるに至っている。しかし、従来のインジウム燐系のリッジ装荷型レーザでは図 1 に示すように塩酸系のウェットエッチングを用いて形成する矩形断面形状のリッジ 70 を用いているため以下の問題点がある。

(1) 活性層上部の電極接触幅と活性層の発光層幅がほぼ同一であるため素子抵抗の低減の観点から発光領域幅となるリッジ断面の幅を $2\mu\text{m}$ 以上に設定する必要がある。このため横モードの安定化、 10mA 以下の発振しきい値の低減が実現するのが困難である。さらに、素子抵抗が比較的大きいことから、熱飽和現象により高出力動作が制限される。

(2) 発光領域幅の狭窄化が困難であることから素子の寄生容量の低減が困難である。

(3) リッジ上部に電極接触のための絶縁層窓を設ける際、リソグラフィーのあわせ精度が非常に厳しい。

【0003】なお、このリッジ装荷型レーザとして関連するものに、例えば 24-26 頁 1993 年 3 月が挙げられる。また、後者に関連するものに、1993 年電子情報通信学会春季大会 C-159、1993 年 3 月が挙げられる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、極めて簡易な作製法で実現可能な低しきい値で、高出力かつ高速度動作を可能とするインジウム燐系リッジ装荷型レーザの素子構造及びその作製方法を提供することを目的とする。さらなる目的は本発明をレーザ、光増幅器、光変調

器、光スイッチ、光検出器またはこれらのうち少なくとも二者を一体集積したインジウム燐系集積化光導波素子に適用した場合の好適な素子構造及び製法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明者らは、インジウム燐系リッジ装荷型光導波路の側壁形状を逆メサ形状にすることにより、電極接触幅の拡大、発光領域の狭窄化を通じて素子特性を大きく向上する光導波路構造およびその作製方法を考案した。

【0006】以下、インジウム燐系リッジ装荷型光導波路の側壁形状を逆メサ形状にすることにより、電極接触幅の拡大、発光領域の狭窄化を通じて素子特性を大きく向上する、光導波路構造およびその作製方法について説明する。

【0007】図 2 A に示すように、 n 型 (100) InP 半導体基板 1 上に公知の手法により InGaAsP (組成波長 $1.30\mu\text{m}$) 活性層 0. $1\mu\text{m}$ 2、 p 型 InP スペーサ層 0. $1\mu\text{m}$ 3、 10nm 厚の InGaAsP (組成波長 $1.10\mu\text{m}$) エッチング停止層 4、 p 型 InP クラッド層 2. $0\mu\text{m}$ 5、 p 型 InGaAs キャップ層 0. $2\mu\text{m}$ 6 を順次形成する。

【0008】次に公知の手法によりキャップ層 6 を幅 4. $4\mu\text{m}$ のストライプ構造に加工する。ここでストライプ方向は [011] とする。続いて、臭化水素酸水溶液または臭化水素酸と燐酸の混合水溶液によるウェットエッチングを用いて、図 2 B に示すような逆メサ形状を有するリッジ導波路形状を形成する。ここで、リッジの側壁には上記エッチング液による侵食速度が最も遅い

(111) A 面が自然形成される。この結果、電極接触幅を 4. $4\mu\text{m}$ と広く保ったまま発光領域幅となるメサのくびれの幅は 1. $5\mu\text{m}$ に狭窄化できる。

【0009】続いて公知の手法により基板全面に図 2 C に示すような厚さ 0. $5\mu\text{m}$ のシリコン酸化膜 7 を形成した後、リッジ上面に 3. $4\mu\text{m}$ 幅のシリコン酸化膜窓 8 を通常のリソグラフィー及びエッチング工程により形成する。この場合、リッジの上面の幅は 4. $4\mu\text{m}$ と十分広いため、図 1 に示した従来構造での窓あけ工程に比べリソグラフィーのあわせ精度は 0. $5\mu\text{m}$ 程度と大きく緩和される。また、この窓あけ工程にいわゆるフォトリソのエッチバック法を用いた場合においても、本案の逆メサ構造の場合にはエッチバック量が多くなった場合においてもメサの側壁の酸化シリコン膜が露出しなため、窓あけ工程の再現性が大きく向上する。

【0010】最後に電極工程の後、劈開工程により共振器長 $300\mu\text{m}$ の素子に切り出した。片側端面反射率 70% の高反射膜を施した。図 2 D は完成素子の断面形状である。作製した素子は室温、連続条件においてしきい値 $8\sim 10\text{mA}$ 、発振効率 0. 40W/A と良好な特性を示した。また、素子の順方向抵抗は約 2 オームと図 1

に示した従来型の約 $1/2 \sim 2/3$ に低減できた。この素子抵抗の減少および発光領域幅を $1.5 \mu\text{m}$ にまで狭窄化したことを反映して素子の周波数帯域は 20GHz 以上である。また、成長層側を下側に実装した $900 \mu\text{m}$ 長の素子では最大 200mW の高出力動作を得た。

【0011】以上のようにリッジ装荷型レーザにおいてリッジの側壁を逆メサ形状とすることにより、低しきい、高効率、高出力化が容易に実現できるだけでなく、素子の高速周波数帯域も拡大できることを示した。

【0012】また、上記原理を光増幅器、光変調器、光スイッチ、光検出器またはこれらのうち少なくとも二者を一体集積した集積化光導波素子等に適用した場合においても上記と全く同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図3～図8を用いて説明する。

【0014】（実施例1）図3Aに示すように、回折格子11を有するn型（100）InP半導体基板12上に公知の手法によりInGaAsP（組成波長 $1.10 \mu\text{m}$ ）下側光ガイド層0.15 μm 13、6.0 nm厚のInGaAsP（組成波長 $1.37 \mu\text{m}$ ）14を井戸層、8 nm厚のInGaAsP（組成波長 $1.10 \mu\text{m}$ ）を障壁層15とする7周期のMQW構造、InGaAsP（組成波長 $1.10 \mu\text{m}$ ）上側光ガイド層0.05 μm 16、p型InPクラッド層2.0 μm 17、p型InGaAsキャップ層0.2 μm 18を順次形成する。

【0015】次に公知の手法によりキャップ層18を幅4.4 μm のストライプ構造に加工する。ここでストライプ方向は[011]とする。続いて、臭化水素酸と燐酸の混合水溶液によるウェットエッチングを用いて、図3Bに示すような（111）A面を側壁にもつ逆メサ断面形状のリッジ導波路を形成する。

【0016】続いて公知の手法により基板全面に図3Cに示すような厚さ0.15 μm のシリコン酸化膜19を形成した後、リッジ上面にエッチバック法を用いてシリコン酸化膜窓20を形成する。最後に電極工程の後、劈開工程により共振器長300 μm の素子に切り出した。前端面には反射率1%程度の低反射膜、後端面には反射率90%の高反射膜を公知の手法により形成した。図3Dは完成素子の断面形状である。

【0017】作製した素子は室温、連続条件においてしきい値6～9 mA、発振効率0.45 W/Aと良好な発振特性を示した。また、85℃の高温条件においてもしきい値は20～25 mA、発振効率は0.30 W/A程度と良好であった。また、素子の長期信頼性を100℃の高温条件下で評価したところ1万時間以上に渡って安定な動作を示した。

【0018】（実施例2）図4Aにおいて、基板の一部

分に一定周期240.5 nmの回折格子31が形成された（100）n-InP基板32上にSiO₂マスク33を回折格子31が形成されている領域の一部に公知の手法で形成する。ここで、マスクは幅18 μm の2本のストライプからなり、その間隔は16 μm である。次に減圧有機金属気相成長法を用いて図4Bに示すようにInGaAsP（組成波長 $1.15 \mu\text{m}$ ）下側光ガイド層0.15 μm 34、格子定数がInPのそれより0.3%短い6.5 nm厚のInGaAs35を井戸層、8 nm厚のInGaAsP（組成波長 $1.15 \mu\text{m}$ ）を障壁層36とする7周期のMQW構造を成長する。次に、SiO₂マスク33を公知の手法により除去した後、InGaAsP（組成波長 $1.15 \mu\text{m}$ ）上側光ガイド層0.03 μm 37、およびp型InPクラッド層2.0 μm 38、p型InGaAsキャップ層0.2 μm 39を成長する。

【0019】次に実施例1と同様に公知の手法により図4Cに示すようにキャップ層39を幅4.4 μm のストライプ構造に加工する。ここでストライプ方向は[011]とする。続いて、臭化水素酸と燐酸の混合水溶液によるウェットエッチングを用いて、（111）A面を側壁にもつ逆メサ断面形状のリッジ導波路を形成する。

【0020】続いて公知の手法により基板全面に厚さ0.6 μm のシリコン酸化膜40を形成した後、リッジ上面にエッチバック法を用いてシリコン酸化膜窓41を形成する。最後に図4Dに示すように電極工程の後、劈開工程により素子長600 μm の素子に切り出し、前端面には反射率0.1%の低反射膜、後端面には反射率90%の高反射膜を公知の手法により形成し光変調器集積分布帰還型レーザを作製する。

【0021】作製した素子は室温、連続条件においてしきい値15～20 mA、発振効率0.20 W/Aと良好な発振特性を示した。また、リッジ幅の狭窄化を反映して20 GHzの変調帯域が得られた。また、本素子を用いて每秒10 Gb/sの光伝送を行い伝送後の信号品質劣化のない良好な伝送特性を確認した。

【0022】（実施例3）図5において、（100）n-InP基板51上に公知の手法によりn型InGaAsP（組成波長 $1.15 \mu\text{m}$ ）下側光ガイド層0.05 μm 52、9 nm厚のInGaAsP（組成波長 $1.50 \mu\text{m}$ ）を井戸層、8 nm厚のInPを障壁層とする20周期のMQW構造53、InGaAsP（組成波長 $1.15 \mu\text{m}$ ）上側光ガイド層0.05 μm 54、およびp型InPクラッド層2.0 μm 55、p型InGaAsキャップ層0.2 μm 56を成長する。次に実施例1と同様に公知の手法によりキャップ層56を図5に示すような幅4.0 μm の分岐導波路構造に加工する。ここで導波路方向は[011]とする。続いて、臭化水素酸と燐酸の混合水溶液によるウェットエッチングを用いて、（111）A面を側壁にもつ逆メサ断面形状のリッ

ジ導波路を形成する。

【0023】続いて公知の手法により基板全面に厚さ $0.6\mu\text{m}$ のシリコン酸化膜 57 を形成した後、リッジ上面にエッチバック法を用いてシリコン酸化膜窓を形成する。最後に電極工程の後、劈開工程により素子長 1.4mm に切り出し、両端面には反射率 1% の低反射膜を公知の手法により形成し干渉型光変調器を作製する。

【0024】作製した素子は動作電圧 3V の良好な変調特性を示した。滑らかなリッジ側壁形状を反映して素子の全損失は 7dB と少ない。また、リッジ幅の狭窄化を反映して 20GHz の変調帯域が得られた。また、本素子を用いて毎秒 10Gb/s の光伝送を行い伝後の信号品質劣化のない良好な伝送特性を確認した。

【0025】(実施例 4) 図 6 は実施例 1 とほぼ同様の手法でレーザアレイを 10 チャンネル同一基板上に作製した例である。活性層には公知の手法により $1.3\mu\text{m}$ 歪 InGaAsP 多重量子井戸構造 61 が導入されている。低しきい値化を目的として発光領域幅は $1\mu\text{m}$ 、共振器長は $150\mu\text{m}$ であり、素子の両端面には反射率 80%、90% の高反射膜が形成されている。室温連続動作条件における全チャンネルの発振しきい値は $2\sim 3\text{mA}$ 、発振効率は $0.45\sim 0.47\text{W/A}$ である。本素子をコンピュータボード間の光配線用光源として用いることにより、発光遅延、伝送遅延の少ない良好な伝送特性を確認した。

【0026】(実施例 5) 図 7 は実施例 1 とほぼ同様の手法で 85°C 以上の高温で動作可能な分布帰還型レーザを作製した例である。活性層には公知の手法により $1.3\mu\text{m}$ 歪 InGaAsP 多重量子井戸構造 61 高出力化、良好な温度特性を目的として発光領域幅は $1.5\mu\text{m}$ 、共振器長は $300\mu\text{m}$ であり、素子の両端面には反射率 1% の低反射膜、90% の高反射膜が形成されている。室温連続動作条件における発振しきい値は $5\sim 8\text{mA}$ 、発振効率は $0.40\sim 0.43\text{W/A}$ である。また 100°C 連続動作条件における発振しきい値は $25\sim 30\text{mA}$ 、発振効率は $0.27\sim 0.32\text{W/A}$ である。本素子を加入者系光通信システムの光源として用いることにより、高温動作時にも良好な伝送特性を確認した。

【0027】(実施例 6) 図 8 は実施例 1 とほぼ同様の手法で $1.48\mu\text{m}$ で発振する高出力レーザを作製した例である。活性層には公知の手法により歪 InGaAsP 多重量子井戸構造 62 が導入されている。高出力化、良好な温度特性を目的として発光領域幅は $1.5\mu\text{m}$ 、共振器長は $800\mu\text{m}$ であり、素子の両端面には反射率 5% の低反射膜、90% の高反射膜が形成されている。室温連続動作条件における発振しきい値は $25\sim 32\text{mA}$ 、発振効率は $0.40\sim 0.43\text{W/A}$ である。また

最大光出力 400mW を得た。本素子をエルビウム添加ファイバ増幅器の励起光源として加入者系光通信システムの光源として用いることにより、雑音強度の低い良好な光増幅特性を確認した。

【0028】

【発明の効果】本発明に係る半導体発光素子よれば、動作電流、動作電圧の低く、且つ高速特性の優れたインジウム燐系リッジ装荷型光導波路の側壁形状を逆メサ形状にすることにより、電極接触幅の拡大、発光領域の狭窄化を通じて素子特性を大きく向上できる。本発明を用いれば、素子性能、歩留まりが飛躍的に向上するだけでなく、この素子を適用した光通信システムの大容量化、長距離化を容易に実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】従来の技術を説明するための図。

【図 2】本発明の作用を説明するための図。

【図 3】本発明の実施例を説明するための図。

【図 4】本発明の実施例を説明するための図。

【図 5】本発明の実施例を説明するための図。

【図 6】本発明の実施例を説明するための図。

【図 7】本発明の実施例を説明するための図。

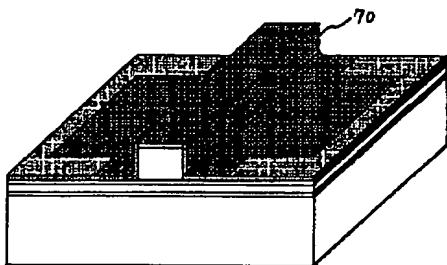
【図 8】本発明の実施例を説明するための図。

【符号の説明】

1…n 型 (100) InP 半導体基板、2… InGaAsP 活性層、3…p 型 InP スペーサ層、4… InGaAsP エッチング停止層、5…p 型 InP クラッド層、6…p 型 InGaAs キャップ層、7…シリコン酸化膜、8…シリコン酸化膜窓、11…回折格子、12…n 型 (100) InP 半導体基板、13… InGaAsP 下側光ガイド層、14… InGaAsP 井戸層、15… InGaAsP 障壁層、16… InGaAsP 上側光ガイド層、17…p 型 InP クラッド層、18…p 型 InGaAs キャップ層、19…シリコン酸化膜、20…シリコン酸化膜窓、31…回折格子、32…n 型 (100) InP 基板、33… SiO_2 マスク、34… InGaAsP 下側光ガイド層、35… InGaAs 井戸層、36… InGaAsP を障壁層、37… InGaAsP 上側光ガイド層、38…p 型 InP クラッド層、39…p 型 InGaAs キャップ層、40…シリコン酸化膜、41…シリコン酸化膜窓、51…n 型 (100) InP 基板、52…n 型 InGaAsP 下側光ガイド層、53… $\text{InGaAsP}/\text{InP}$ -MQW 活性層、54… InGaAsP 上側光ガイド層、55…p 型 InP クラッド層、56…p 型 InGaAs キャップ層、57…シリコン酸化膜、61… $1.3\mu\text{m}$ 歪 InGaAsP 多重量子井戸構造、62… $1.48\mu\text{m}$ 歪 InGaAsP 多重量子井戸構造。

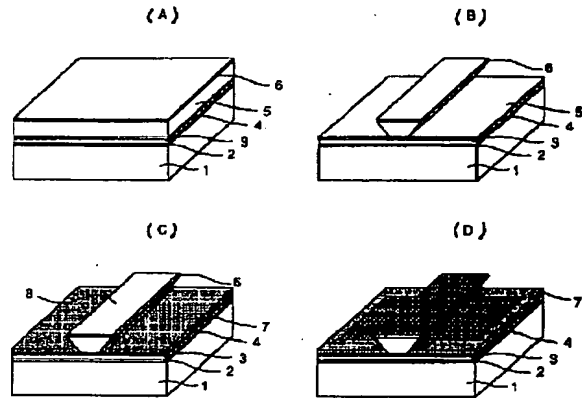
【図 1】

図 1



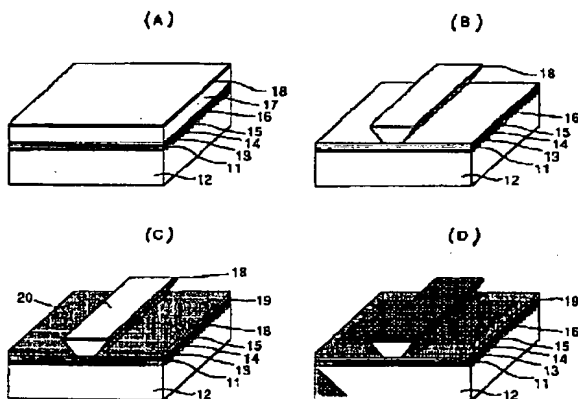
【図 2】

図 2



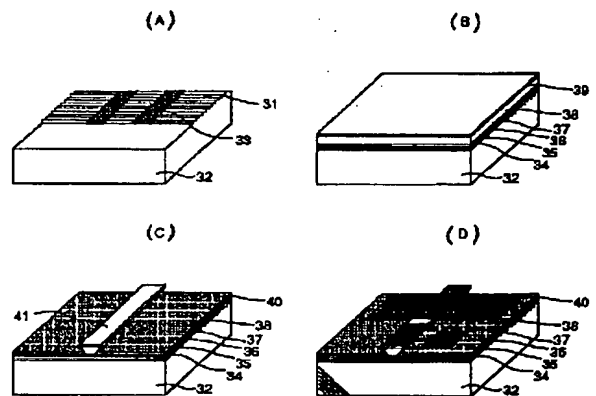
【図 3】

図 3



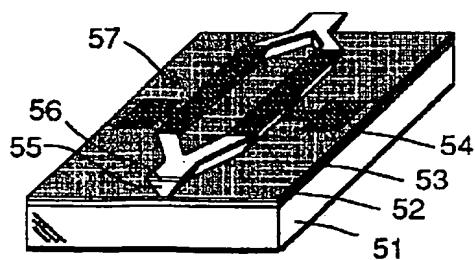
【図 4】

図 4



【図 5】

図 5



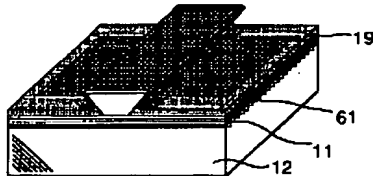
【図 6】

図 6



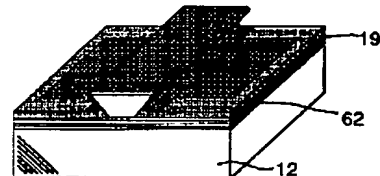
【図 7】

図 7



【図 8】

図 8



【手続補正書】

【提出日】平成13年11月21日（2001. 11. 21）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】(100)面方位を有するインジウム燐基板上に少なくとも活性層、インジウム燐クラッド層およびキャップ層が設けられ、前記インジウム燐クラッド層および前記キャップ層のみが[011]方向にストライプ形状をしたリッジ構造であり、かつ、平坦な前記活性層上に設けられ、前記インジウム燐クラッド層の側壁が(111)A面からなる逆メサ形状であり、

前記インジウム燐クラッド層の側壁には絶縁膜が設けられていることを特徴とする導波路型光素子。

【請求項2】前記活性層、前記インジウム燐クラッド層および前記キャップ層が設けられ、前記インジウム燐クラッド層および前記キャップ層のみが[011]方向にストライプ形状をしたリッジ構造であり、かつ、前記活性層上に設けられ、前記インジウム燐クラッド層の側壁が(111)A面からなる逆メサ形状であるものを有するインジウム燐系のレーザ、光増幅器、光変調器、光スイッチ、光検出器またはこれらのうちの少なくとも二者を一体集積したことを特徴とする請求項1記載の集積化光導波素子。

【請求項3】前記キャップ層には電極が設けられていることを特徴とする請求項1または2に記載の導波路形光素子。

フロントページの続き

(72)発明者 筒井 孝幸

東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株式会社日立製作所半導体設計開発センタ内

Fターム(参考) 2H079 AA02 BA01 BA03 CA05 DA16
EA05 EA07 EA27 JA07
5F043 AA15 AA20 BB08 GG10
5F073 AA11 AA13 AA64 BA02 BA03
CA12 CB02 DA23 DA32 EA23
EA29